ЭНЕРГІЯ И ЕЯ ПРЕВРАЩЕНІЯ.

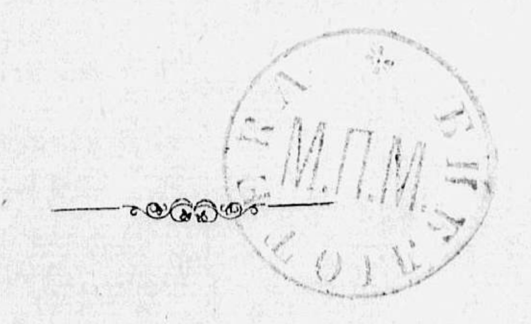
ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ЧТЕНІЕ

ВЪ ЛЕЙПЦИГСКОМЪ УНИВЕРСИТЕТѢ 23 НОЯБРЯ 1887 Г.

В. Оствальда.

ПЕРЕВОДЪ СЪ НѢМЕЦКАГО: «W. Ostwald. — DIE ENERGIE UND IHRE WANDLUNGEN»

Н. С. Дрентельна.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., 14.
1890.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ. 27 Февраля 1890 г.

ВЪ ТИПОГРАФІИ В. БЕЗОБРАЗОВА И КОМП.
(Вас. Остр., 8 линія, д. № 45).

ОТЪ АВТОРА.

Нижеслѣдующія страницы содержатъ, безъ измѣненія, вступительное чтеніе, произнесенное 23 ноября. Я долженъ былъ воспротивиться естественному желанію подробнѣе разобрать нѣкоторые отдѣльные пункты, которые, сообразно цѣли и времени чтенія, могли быть затронуты на немъ лишь очень кратко. Ибо слѣдствія изъ положенія о субстанціальности энергіи, въ особенности для изложенія физики, такъ многообъемлющи и глубоки, что необходимыя дополненія и развитіе частностей далеко превзошли бы объемомъ самое чтеніе. *)

*) Со времени прочтенія этой талантливой лекціи авторомъ (бывшимъ профессоромъ Рижскаго Политехникума) прошло слишкомъ два года; тѣмъ не менѣе она, вслѣдствіе свойства затрагиваемыхъ ею вопросовъ, ничуть не утратила своего живого интереса, чѣмъ и оправдывается появленіе нынѣ русскаго перевода отдѣльнымъ изданіемъ.

Н. Д.

ЭНЕРГІЯ И ЕЯ ПРЕВРАЩЕНІЯ.

Все громче и настойчивѣе слышатся въ новѣйшее время жалобы на упадокъ если не науки, то, во всякомъ случаѣ, научности. Говорятъ, что работа надъ великими, общими задачами все болѣе и болѣе обходится, что она уступаетъ мѣсто атомистическому дробленію на множество отдѣльныхъ вопросовъ, что самый университетъ уже не въ состояніи обезпечить универсальности своимъ слугамъ и своимъ ученикамъ.

Основательность этихъ жалобъ представляется мнѣ сомнительною. Столь общее и столь правильно повторяющееся явленіе, не препятствующее наукѣ дѣлать величайшіе и важнѣйшіе успѣхи, едвали можетъ быть болѣзненнаго характера. Если же этого нѣтъ, и если мы можемъ считать его необходимою ступенью развитія организма науки, то мы уже имѣемъ вѣрное ручательство, что это же самое развитіе устранитъ и ущербъ, причиняемый нынѣшнимъ положеніемъ вещей—не наукѣ самой по себѣ, а представителю отдѣльной научной области.

На этотъ ущербъ указывалось часто и упорно. Чрезъ углубленіе въ отдѣльные вопросы изслѣдователь теряетъ-де общій взглядъ на вещи и способность правильной оцѣнки

своихъ собственныхъ результатовъ сравнительно съ результатами другихъ изслѣдователей: онъ дѣлается склоннымъ возвеличивать свои и принижать чужіе. Однако, пока слѣдствіемъ этой невѣрной оцѣнки является лишь то, что изслѣдователь ревностнѣе созидаетъ свою работу, до тѣхъ поръ наука только выигрываетъ, такъ какъ тѣмъ скорѣе возрастаетъ ея достояніе; а что такая погрѣшность въ оцѣнкѣ не сдѣлается всеобщею — это, конечно, въ достаточной степени обезпечивается всею наличностью нашей ученой критики.

Но и естественный ходъ развитія науки необходимо приноситъ съ собою средства противъ этихъ невзгодъ. Выработку человѣческаго знанія, выражаясь образно, можно сравнить съ возникновеніемъ материка на водахъ океана чрезъ постепенное поднятіе морского дна или постепенное пониженіе воды. Сперва возвышаются тамъ и сямъ лишь отдѣльныя вершины, образуя острова, ничѣмъ не связанные между собою: тутъ — науки о духѣ (которыя я назвалъ бы науками о волѣ), тамъ—естественныя науки, между ними — глубокое море неизвѣстнаго, на которомъ съ юношескою смѣлостью носятся паруса философскихъ системъ, большею частью исчезающіе въ безграничномъ пространствѣ или терпящіе крушеніе у скалистыхъ береговъ достовѣрнаго знанія, тогда какъ лишь немногіе изъ нихъ являютъ склонность и способность искать и найти именно здѣсь надежное пристанище.

Мало-по-малу къ главнымъ вершинамъ присоединяются второстепенныя, сперва остающіяся отрѣзанными другъ отъ друга, потомъ частью соединяющіяся по мѣрѣ пониженія водъ, между тѣмъ какъ появляются все новыя и новыя. Какъ бы много ни было этихъ острововъ и островковъ, мы знаемъ все-таки, что всѣ они связаны въ основани и представляютъ лишь разныя точки одной и

той же области, хотя связь ихъ еще и невидима глазу. И именно тогда, когда появилось довольно много такихъ отдѣльныхъ вершинъ, у насъ является увѣренность, что общее связующее ихъ основаніе все ближе и ближе къ появленію.

Суждено ли когда нибудь взглянуть на него смертному, — вопросъ, являющійся почти празднымъ. Ибо всего важнѣе именно то, что мы убѣждены въ его существовани и въ томъ, что мы къ нему приближаемся. Это даетъ каждому изъ насъ силы, не взирая на безграничность цѣлаго, разрабатывать свою маленькую область, ибо мы вѣримъ, что сдѣланное нами все же составляетъ часть цѣлаго и служитъ ему на пользу.

Нѣчто подобное можно сказать и по поводу другого упрека, дѣлаемаго въ особенности настоящему направленію и складу естественно научныхъ работъ. Упрекъ состоитъ въ томъ, что при массѣ эмпирически-индуктивныхъ изслѣдованій не отдается должное дедуктивному элементу науки, — другими словами, что при скучивании опытнаго фактическаго матерьяла упускается подведеніе его подъ общія связующія понятія. Этотъ упрекъ тоже не находитъ подтвержденія въ исторіи науки. Извѣстно то правильно повторяющееся явленіе, что даже самыя плодотворныя общія понятія, будучи преданы гласности, сперва не оказываютъ дѣйствія и пребываютъ болѣе или менѣе долго, такъ сказать, въ состояніи куколки, пока измѣнившіяся внѣшнія обстоятельства не доставятъ достаточно фактическаго матерьяла въ качественномъ и количественномъ отношеніи. Одна изъ полезнѣйшихъ физическихъ теорій, волнообразная теорія свѣта, была высказана на 200 лѣтъ раньше, чѣмъ стала необходимостью въ наукѣ, и не имѣла на послѣднюю никакого вліянія, пока точное изслѣдованіе явленій поляризаци и интер-

ференціи не призвало ее на помощь. Основная теорія химіи, теорія атомовъ, почти столь же стара, какъ наука вообще, ибо отцами ея, насколько мы знаемъ, были философы древней Греціи, и однако она не оказывала замѣтнаго вліянія, пока не получила фактическаго содержанія въ законѣ постоянныхъ паевъ Рихтера (Jeremias Benjamin Richter) и законѣ кратныхъ отношеній Дальтона. Наконецъ, одно изъ плодотворнѣйшихъ обобщеній современной химіи, положеніе Авогадро, гласящее, что равные объемы газовъ содержатъ одинаковое число молекулъ, и что поэтому молекулы большинства элементарныхъ газовъ не могутъ быть простыми,—тридцать лѣтъ сряду было къ услугамъ химиковъ, не обративъ на себя ничьего вниманія; все значеніе его было признано лишь тогда, когда органическая химія доставила массу фактовъ, которымъ положеніе Авогадро сообщило связность и послѣдовательность.

Изъ этихъ примѣровъ видно, что умозрительный элементъ вообще все еще преобладаетъ въ естественныхъ наукахъ; большинство теорій и гипотезъ появляются раньше, нежели можно ими воспользоваться, такъ что и съ этой стороны будущности науки не угрожаетъ серьезной опасности.

Но раздѣленіе труда въ наукѣ, на которое такъ жалуются, приноситъ и положительную выгоду. По мѣрѣ того, какъ отдѣльный изслѣдователь огораживаетъ и воздѣлываетъ свою собственную область, каждому вновь приступающему неизбѣжно приходится отыскивать для своей работы новую, еще невоздѣланную почву. Чрезъ это, прежде всего, расширяются границы отдѣльныхъ наукъ. Но вмѣстѣ съ тѣмъ границы начинаютъ сближаться одна съ другою, и мы видимъ, что тамъ и сямъ онѣ уже встрѣчаются. Этимъ способомъ происходятъ такъ называемыя пограничныя области, принадлежащія одновременно двумъ родствен-

нымъ наукамъ, и способствующія упроченію ихъ связи и даже единства въ гораздо большей степени, чѣмъ это было бы возможно при одновременномъ присутствіи разнородныхъ элементовъ въ головѣ одного человѣка.

Физическая химія, въ качествѣ представителя которой я сегодня говорю передъ вами, есть одна изъ такихъ областей. Ея задачи—задачи химіи; средства къ ихъ разрѣшенію она беретъ изъ физики. При этомъ, конечно, выигрываетъ и физика, ибо у нея тоже есть соотвѣтственная пограничная область, называемая обыкновенно молекулярной физикою, въ которой безъ достаточнаго знанія химіи невозможны ни успѣхъ, ни вообще пониманіе. Но обѣ области имѣютъ такъ много точекъ соприкосновенія, что разграниченіе, дѣлавшееся до сихъ поръ между ними, скорѣе наружное и, въ существѣ дѣла, не имѣетъ основанія.

Предметъ такъ называемыхъ «пограничныхъ областей» не состоитъ, какъ можно было бы предположить изъ самого наименованія, въ вопросахъ и задачахъ, лежащихъ нѣкоторымъ образомъ въ сторонѣ отъ центра той или другой науки: въ нихъ, напротивъ, обработываются большею частью именно самые общіе и важные вопросы. Такъ, задачи молекулярной физики, области пограничной, гораздо шире и общѣе, чѣмъ напр. оптики, составляющей часть такъ называемой чистой физики: дѣло идетъ здѣсь не о законахъ и явленіяхъ одного единственнаго дѣятеля, но о природѣ и свойствахъ вѣчнаго носителя всѣхъ физическихъ явленій, матеріи. И надежда разрѣшить въ пограничныхъ областяхъ подобныя задачи имѣетъ тѣмъ больше основаній, чѣмъ разнообразнѣе пріемы изслѣдованія, заимствуемые изъ той и другой науки.

Такимъ образомъ, въ физической химіи мы встрѣчаемся съ тѣми же самыми вопросами, которые вообще ставитъ

химія, и поэтому слѣдовало бы, какъ я уже предложилъ прежде, называть ее **общей химіей** (allgemeine Chemie) въ отличіе отъ спеціальной химіи, описывающей отдѣльныя вещества.

Я не имѣю въ виду обрисовывать вамъ сегодня задачъ и цѣлей общей химіи: я пытался сдѣлать это въ другомъ мѣстѣ *). Лишь для того, чтобы показать, насколько богаты средства этой «пограничной области», я разсмотрю очень древнюю и чрезвычайно важную задачу общей химіи, рѣшеніе которой, послѣ многовѣковыхъ усилій, удалось только въ наше время: вопросъ о природѣ и законахъ **химическаго сродства**.

То, что желѣзо во влажномъ воздухѣ переходитъ въ желтовато-красную, а мѣдь въ зеленую ржавчину, что сладкій виноградный сокъ превращается въ горячительное вино, а затѣмъ въ кислый уксусъ, что масло и дерево при горѣніи исчезаютъ,—все это должно было уже на низшихъ ступеняхъ культуры являться наблюдающему человѣческому уму рядомъ загадокъ. Повидимому, Гиппократъ первый понялъ, что всѣ подобныя явленія относятся къ одному классу, поскольку въ нихъ изъ опредѣленныхъ веществъ съ опредѣленными свойствами происходятъ другія вещества съ другими свойствами; онъ же назвалъ предполагаемую причину, вслѣдствіе которой вещества дѣйствуютъ другъ на друга, химическимъ сродствомъ. Подобнаго рода обобщеніе всегда является научной заслугою немалаго значенія, и мы можемъ сохранить за нимъ эту роль, хотя самыя представленія Гиппократа о причинѣ

---

*) См. W. Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, 2 Bände, Riga u. Leipzig 1885—1887, и его же Grundriss der allgemeinen Chemie, Leipzig 1889. Въ послѣднемъ сочиненіи факты и теоріи физической химіи излагаются элементарнымъ путемъ, безъ пособія высшей математики.

Прим. перев.

явленій, признанныхъ имъ за однородныя, не оправдались съ теченіемъ времени.

Однако, созданному общему понятію не доставало многаго, чтобы оно могло найти примѣненіе въ полномъ своемъ объемѣ. Оно обнимало сперва простѣйшія явленія, нынѣ почти что не считающіяся химическими, какъ раствореніе какой-либо соли въ водѣ и т. п., и исторія ученія о химическихъ процессахъ есть исторія распространенія области, въ которой названное общее понятіе находило примѣненіе. При измѣненіяхъ, идущихъ нѣсколько глубже, какъ напр. при ростѣ растеній и т. п., прямо допускали исчезаніе и возникновеніе веществъ, не видя въ нихъ какого-либо химическаго явленія названнаго выше рода. Это обстоятельство связано съ тѣмъ, что въ греко-римскую эпоху, какъ и во времена средневѣковья, почерпавшія свои научныя воззрѣнія изъ первой, съ названіемъ «элемента» связывалось совсѣмъ иное понятіе, чѣмъ нынѣ. Знаменитые четыре элемента Аристотеля отнюдь не элементы въ теперешнемъ смыслѣ, т. е. не послѣднія вѣсомыя составныя части всѣхъ веществъ, а **качества**, которыя могутъ быть приданы веществу или отняты отъ него; самая же матерія является безразличнымъ носителемъ этихъ качествъ. Когда впослѣдстіи четыре избранныхъ Аристотелемъ типа оказались слишкомъ недостаточными для толкованія химическихъ явленій, они были замѣнены другими съ сохраненіемъ тѣхъ же основныхъ воззрѣній: вмѣсто огня, земли, воздуха и воды появляются «сѣра», «ртуть» и «соль»—элементы арабскихъ химиковъ. Но эти «элементы» опять не обыкновенныя вещества, называемыя сѣрой, ртутью, солью, а **свойства** горючести (сѣра), металличности и летучести (ртуть) и растворимости (соль). Эти типы потомъ, по мѣрѣ надобности, стали расширять и умножать, причемъ вмѣстѣ

съ тѣмъ они получали все болѣе и болѣе вещественное значеніе, пока, наконецъ, Робертъ Бойль въ концѣ XVII столѣтія не высказалъ, что элементами надо считать всѣ тѣ вещества, которыя нельзя разложить на болѣе простыя. Выражая результатъ въ одномъ словѣ, можно сказать, что элементы были признаны за субстанціи, за сущности, мѣняющія при всевозможныхъ условіяхъ лишь форму бытія, но не могущія ни возникать, ни уничтожаться. Опредѣленнымъ и точнымъ проведеніемъ начала субстанціальности элементовъ мы въ особенности обязаны Лавуазье, произведшему правильнымъ истолкованіемъ явленій горѣнія одинъ изъ величайшихъ переворотовъ въ химіи; онъ первый ясно формулировалъ то положеніе, что ни при какихъ химическихъ процессахъ общая масса веществъ, участвующихъ въ процессѣ, не претерпѣваетъ измѣненія. Въ наше время этотъ фактъ такъ вошелъ въ плоть и кровь химика, что противоположный взглядъ считается не только эмпирически невѣрнымъ, но даже немыслимымъ логически. Однако полезно имѣть въ виду, что законъ несоздаваемости и неуничтожаемости матеріи отнюдь не есть логическій постулатъ или не можетъ быть только таковымъ, но что онъ содержитъ въ себѣ не болѣе, какъ хорошо доказанное эмпирическое положеніе.

Между тѣмъ, какъ такимъ образомъ элементы со временемъ становились все болѣе и болѣе субстанціальными, нѣсколько сущностей, долгое время игравшихъ такую же роль, какъ первые, испытали прямо противоположную судьбу. Теплота, свѣтъ и, конечно, тоже электричество ставились Лавуазье въ концѣ прошедшаго столѣтія, въ качествѣ невѣсомыхъ элементарныхъ веществъ, на ряду съ вѣсомыми, и еще въ сороковыхъ годахъ нашего вѣка главное твореніе химической литературы того времени,

Handbuch Гмелина, предпосылаетъ химіи вѣсомыхъ веществъ химію невѣсомыхъ. Умъ, стоявшій на такой огромной высотѣ для своего времени, какъ Клодъ Луи Бертолле, также не затруднялся считать теплоту веществомъ.

Около средины нашего столѣтія противъ этого взгляда началась борьба, которая, можно сказать, уничтожила его окончательно. Въ особенности сильнымъ противодѣйствіемъ признанію субстанціальности «невѣсомыхъ» явилась идея, подготовленная Румфордомъ и Дэви и проведенная столь блестящимъ образомъ Клаузіусомъ, — по которой теплота разсматривается какъ движеніе малѣйшихъ частицъ; и стало даже казаться почти непостижимымъ, какимъ образомъ люди, подобные Бертолле, могли въ свое время исповѣдовать взглядъ о субстанціальности невѣсомыхъ началъ.

Да позволено мнѣ будетъ усматривать именно въ этомъ фактѣ то, что въ упомянутомъ взглядѣ, повидимому столь совершенно отброшенномъ, все же есть зерно истины. Здѣсь, какъ это почти неизбѣжно бываетъ при каждомъ большомъ переворотѣ въ наукѣ, «ребенка выплеснули изъ ванны вмѣстѣ съ водою»: устранивъ невѣрное въ этомъ взглядѣ, отбросили и то, что въ немъ было истиннаго и важнаго.

Въ началѣ сороковыхъ годовъ нашего столѣтія, какъ всѣмъ извѣстно, въ естественныхъ наукахъ былъ сдѣланъ важный шагъ впередъ, который не только можетъ стать на ряду съ разсмотрѣннымъ выше по отношенію къ вѣсомой матеріи, но котораго значеніе даже значительно выше. Я разумѣю связанный съ именами Ю. Р. Майера, Джоуля и Гельмгольца законъ, извѣстный очень многимъ подъ названіемъ закона «сохраненія силы». Физики называютъ его иначе: закономъ сохраненія энергіи. Законъ гласитъ, что при всѣхъ превращеніяхъ въ природѣ нѣкоторая величина, которая именно и называется энергіей, остается неизмѣнной. Эта энергія можетъ являться въ различныхъ

формахъ: то какъ живая сила движущихся массъ, то какъ механическая работа дѣйствующихъ силъ, то какъ теплота, свѣтъ, электрическое напряженіе или химическое сродство;— во всѣхъ случаяхъ можно доказать, что при исчезновеніи энергіи въ какой-либо формѣ появляется эквивалентное количество ея въ другой формѣ. Такъ, въ работающей паровой машинѣ часть доставляемой теплоты исчезаетъ, превращаясь въ работу; если же эту работу употребить напр. на преодолѣніе сопротивленій тренія, то получается снова какъ разъ то же количество теплоты. Когда человѣкъ вращаетъ маховое колесо динамо-машины, онъ расходуетъ химическую энергію своего мускульнаго вещества, производя на счетъ ея механическую работу; послѣдняя превращается въ машинѣ въ электрическую энергію, изъ которой можно, по желанію, получить теплоту или свѣтъ или же снова химическую или механическую работу въ соотвѣтственномъ количествѣ.

Здѣсь мы встрѣчаемъ какъ разъ то же самое, что наблюдается съ вѣсомою матеріей. Изъ даннаго количества желѣза можно приготовить черную окалину, желтую охру или берлинскую лазурь; вещества эти могутъ быть превращаемы другъ въ друга, и изъ каждаго мы получимъ какъ разъ столько желѣза, сколько его первоначально было взято. Поэтому, въ соотвѣтствіи со старыми взглядами, нынѣ считающимися сданными въ архивъ, мы можемъ принять энергію за совершенный аналогъ вѣсомой матеріи и имѣемъ право также назвать ее субстанціей, какъ это издавна дѣлается относительно первой.

Я знаю, что встрѣчу возраженія, если я и для этой сущности, или для этого понятія, пріиму названіе субстанціи. Мы настолько привыкли признавать реальное существованіе исключительно за предметами, обладающими массой и вѣсомъ, а все остальное разсматривать лишь какъ

созданіе человѣческаго духа, не имѣющее дѣйствительнаго существованія, — что реальность этой другой сущности, энергіи, требуетъ для насъ еще особаго доказательства. Кромѣ того, благодаря своеобразному соотношенію, впрочемъ, исторически совершенно объяснимому, другое, родственное понятіе—силы—не смотря на его второстепенность, настолько выдвинулось впередъ, что если уже непремѣнно надо признать что либо реально существующимъ, кромѣ матеріи, то мы соглашаемся признать таковымъ именно «силу».

Однако, если мы станемъ искать признака, который долженъ быть присущъ реальнымъ объектамъ, и только имъ однимъ, то найдемъ его лишь въ томъ, что никакая человѣческая или природная сила не въ состояніи по произволу создавать или уничтожать ихъ. Я не хочу здѣсь вдаваться въ разсмотрѣніе, является ли это свойство критеріемъ абсолютной объективной реальности, и существуетъ ли вообще такой критерій; достаточно будетъ сказать, что немыслимо вещи болѣе реальной, чѣмъ та, которой существованіе совершенно независимо отъ человѣческой воли.

Такихъ вещей до сихъ поръ извѣстно только двѣ: вѣсомая матерія и энергія. Имъ, но непремѣнно имъ обѣимъ, должно быть присвоено названіе субстанціи,—того, что при всѣхъ обстоятельствахъ остается сущимъ. Можно утверждать, что лѣтъ чрезъ пятьдесятъ реальность и субстанціальность энергіи съ такою же ясностью будетъ представляться сознанію образованнаго человѣка, какъ нынѣ реальность вѣсомой матеріи; но дѣло науки—уже теперь выводить соотвѣтственныя заключенія, ибо она должна идти впереди общаго сознанія и опредѣлять его, а не двигаться по слѣдамъ того, что уже есть.

Оба рода субстанціи не зависятъ отъ воли человѣка

только въ отношеніи ихъ количества; форма, въ которой онѣ являются, и ихъ свойства, напротивъ, допускаютъ разнообразнѣйшія измѣненія. При этомъ оба рода представляютъ замѣчательныя различія.

Для вѣсомой матеріи до сихъ поръ открыто около 70 различныхъ «элементовъ», которые никоимъ образомъ не превращаются другъ въ друга. При всѣхъ превращеніяхъ данной сложной системы веществъ не только общая масса матеріи остается неизмѣнной, но и количества отдѣльныхъ элементовъ не могутъ быть ни увеличены, ни уменьшены никакими средствами. Я прибавлю, что нѣтъ положительнаго доказательства того, чтобы элементъ продолжалъ существовать и въ химическихъ соединеніяхъ; можно лишь доказать, что то же самое количество элемента, которое было приведено во взаимодѣйствіе и вошло въ соединеніе съ любыми другими веществами, снова можетъ быть извлечено изъ соединеній при всякихъ условіяхъ, — ни болѣе, ни менѣе. Слѣдовательно, свойство не твориться и не уничтожаться,—короче, постоянство,—присуще не только матеріи вообще, но и каждому изъ семидесяти или болѣе элементарныхъ веществъ, открытыхъ до настоящаго времени. При этомъ однако въ сознаніи современныхъ естествоиспытателей замѣчается одна рѣзкая противоположность: тогда какъ постоянство самой матеріи царитъ въ умахъ почти съ силою логическаго постулата,—излюбленная мысль нашего времени та, что такъ называемые химическіе элементы отнюдь не простыя вещества, а состоятъ или изъ одной первичной матеріи, или изъ нѣсколькихъ въ различныхъ отношеніяхъ. До сихъ поръ мы не имѣемъ положительной опоры въ пользу этого допущенія; съ увѣренностью можно сказать лишь то, что элементы, если уже допустить ихъ сложность, представляютъ непремѣнно соединенія одинаковаго порядка, такъ что разложеніе одного изъ нихъ послужило бы доказательствомъ разложимости всѣхъ. Въ особенности же, принимая во вниманіе закономѣрныя соотношенія между свойствами различныхъ элементовъ, нельзя допустить, чтобы они состояли изъ атомовъ одной первичной матеріи (за каковую часто принимался водородъ) въ различныхъ количествахъ.

Въ замѣчательной противоположности съ этой ограниченной превращаемостью матеріи находится всесторонняя превращаемость другой субстанціи, энергіи. До сихъ поръ извѣстны слѣдующія главныя формы ея: механическая, тепловая (термическая), электрическая и химическая, и мы знаемъ, что каждая изъ этихъ формъ энергіи можетъ превращаться количественно въ каждую другую. Открытіе этого соотношенія составляетъ, какъ упомянуто, величайшій и важнѣйшій успѣхъ точныхъ естественныхъ наукъ въ послѣднее полустолѣтіе, и выработкою его слѣдствій еще занята почти вся физика нашего времени.

Однако, вскорѣ послѣ открытія эквивалентности соотношеній между различными формами энергіи, было найдено, что самое превращеніе можетъ быть выполнено болѣе или менѣе непосредственно, смотря по формамъ энергіи, съ которыми мы имѣемъ дѣло.

Двѣ изъ нихъ, механическая и электрическая энергія говоря принципіально, могутъ вполнѣ превращаться одна въ другую, притомъ одинаково легко какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ направленіи. Онѣ, такъ сказать, одного и того же рода: мы назовемъ ихъ энергіей перваго рода. Двѣ другія формы, химическая и тепловая энергія, стоятъ въ точно такомъ же отношеніи полной превратимости другъ къ другу, по крайней мѣрѣ, когда выполнены извѣстныя условія; поэтому онѣ тоже относятся къ одному роду, который мы назовемъ вторымъ. Оба рода отличаются тѣмъ,

что тогда какъ механическая или электрическая энергія очень легко превращаются въ теплоту, — обратный процессъ никогда не бываетъ совершеннымъ. При этомъ — что особенно важно замѣтить — законъ эквивалентности отнюдь не нарушается: взамѣнъ той части теплоты, которая превратилась въ механическую или электрическую энергію, появляется въ точности пропорціональное ей количество энергіи въ этихъ формахъ. Но переходъ бываетъ всегда неполный; данное количество теплоты превратимо само по себѣ только до извѣстнаго, закономѣрнаго предѣла; желая превратить теплоту на-цѣло напр. въ механическую энергію, мы должны воспользоваться еще нѣкоторою долею теплоты, которая при этомъ не претерпѣваетъ измѣненія въ количествѣ, а лишь въ температурѣ. Къ какому роду относится химическая энергія — долго оставалось нерѣшеннымъ, ибо вообще ученіе о разныхъ порядкахъ энергіи еще мало обращало на себя вниманіе. Превращаемость химической энергіи очень ограничена; непосредственное превращеніе механической энергіи въ химическую въ настоящее время вообще едва осуществимо на практикѣ, а электрической энергіи — также лишь при извѣстныхъ обстоятельствахъ. Напротивъ, химическую энергію можно вполнѣ превратить въ тепловую; что же касается обратнаго процесса, полнаго превращенія тепловой энергіи въ химическую, то со времени открытія явленій диссоціаціи онъ, по крайней мѣрѣ принципіально, не представляетъ затрудненій. Послѣднее рѣшительно свидѣтельствуетъ, что химическая энергія—одного рода съ тепловою, откуда уже слѣдуетъ, что она не можетъ быть превращаема на-цѣло въ механическую или электрическую энергію.

Такимъ образомъ оба рода энергіи стоятъ не рядомъ, а одинъ надъ другимъ, и притомъ первый выше второго; ибо по отношенію къ ихъ взаимнымъ превращеніямъ можно

сказать, что однимъ мы вполнѣ владѣемъ, при другомъ — мы слуги. Въ чемъ заключается это своеобразное различіе, мы еще нынѣ почти не знаемъ, хотя и можемъ составить себѣ о немъ нѣкоторую догадку.

Я упомянулъ выше, что полное превращеніе химической энергіи въ тепловую и обратно вообще осуществимо, но что для этого должны быть выполнены извѣстныя условія. Объ этихъ условіяхъ очень трудно дать ясное понятіе непосвященному; быть можетъ, пригодится слѣдующее сравненіе. Химическая и тепловая энергія относятся къ механической и электрической, какъ бумажныя цѣнности къ металлическимъ деньгамъ. Послѣднія не подвержены курсовымъ колебаніямъ, а сохраняютъ при всѣхъ обстоятельствахъ свое покупное и мѣновое значеніе. Напротивъ, первыя, хотя и могутъ быть во всякое время пріобрѣтены на металлическія деньги по номинальной цѣнѣ, при продажѣ идутъ по курсу, и мы не получаемъ обратно ихъ номинальной стоимости. «Курсу» соотвѣтствуетъ въ тепловой энергіи температура. Чѣмъ она выше, тѣмъ лучше можно воспользоваться теплотою, — тѣмъ больше та доля ея, которая можетъ быть превращена въ механическую или электрическую энергію. Послѣдняя, говоря математически, относится какъ теплота безконечно высокой температуры. Химическая энергія имѣетъ подобную же курсовую цѣну; хотя при соединеніи напр. сѣрной кислоты съ натромъ и освобождается больше энергіи въ формѣ тепла, чѣмъ при взаимодѣйствіи соляной кислоты и натра, тѣмъ не менѣе курсъ послѣдней энергіи выше, ибо соляная кислота, не смотря на меньшее номинальное значеніе, захватываетъ больше натра, нежели сѣрная кислота съ ея бо̀льшимъ номинальнымъ значеніемъ.

Мы сдѣлали, такимъ образомъ, бѣглый обзоръ многотруднаго пути науки въ теченіе прошедшихъ столѣтій и

достигли послѣдней высоты, на которую я въ состояніи васъ возвести. Не скрою, что этотъ высшій пунктъ отнюдь нельзя еще назвать общедоступнымъ или охотно посѣщаемымъ; я даже опасаюсь, чтобы нѣкоторые товарищи по наукѣ не нашли послѣдней части нашего пути ненадежною и даже непроходимою. Однако можно провѣрить, дѣйствительно ли мы обладаемъ твердой почвою подъ ногами, и дѣйствительно ли достигнутая точка высится надъ обширнымъ полемъ науки. Мы попробуемъ взглянуть съ нашей точки зрѣнія на задачу химическаго сродства и на попытки ея разрѣшенія.

О старѣйшей попыткѣ я уже упомянулъ: это — допущеніе, сдѣланное Гиппократомъ, что въ химіи сходное стремится къ сходному, сродное къ сродному. Оно не выдержало серьезной критики и давно исчезло изъ науки. Живучѣе оказалось другое допущеніе, котораго начало также относится къ греческой древности. Эмпедоклъ одарилъ послѣднія частички матеріи, атомы, индивидуальными качествами и волею: смотря по тому, обнаруживаютъ ли атомы взаимную любовь или ненависть, они или сближаются и соединяются, или удаляются другъ отъ друга. Эта теорія держится у всѣхъ химиковъ и понынѣ. Правда, она, по внѣшности, сбросила свой антропоморфный характеръ: мы не говоримъ уже о любви и ненависти, а о притягательныхъ и отталкивательныхъ силахъ между атомами; въ сущности же это прежній взглядъ. Научно онъ былъ формулированъ впервые во второй половинѣ прошлаго столѣтія шведскимъ химикомъ Торберномъ Бергманомъ. Гёте въ своихъ химическихъ этюдахъ придерживается того же взгляда; то, что въ его мастерской новеллѣ («Wahlverwandschaften») капитанъ разъясняетъ дамамъ относительно взаимодѣйствія химическихъ «силъ», объ избирательныхъ сродствахъ, есть именно царившее тогда въ

наукѣ представленіе, котораго антропоморфный характеръ особенно явственно выступаетъ въ образномъ примѣненіи, которое сдѣлалъ изъ него поэтъ.

Но антропоморфный характеръ лежитъ главнымъ образомъ въ допущеніи особенныхъ, присущихъ атомамъ и изъ нихъ исходящихъ силъ. Существованіе этихъ силъ для Бергмана и его послѣдователей не есть даже гипотеза, которая формулировалась бы ими какъ таковая, а дѣлаемое молча допущеніе изъ числа «понятныхъ само собою». Такія сами по себѣ понятныя допущенія были именно причиною, почему гипотезы, это драгоцѣннѣйшее средство научнаго изслѣдованія, пріобрѣли ту сомнительную репутацію, которая часто съ ними соединяется; — ихъ обнаруженіе и устраненіе всегда являлось полезнѣйшимъ дѣломъ въ наукѣ.

По понятію Бергмана, взаимодѣйствіе веществъ опредѣляется дѣйствующими между ними силами. Если два вещества стремятся оба соединиться съ третьимъ, то происходитъ — дѣлая грубое сравненіе — то же самое, что съ костью, брошенною двумъ собакамъ: кость достается «болѣе сильной». Такъ, одна кислота считалась болѣе сильною, нежели другая, если она въ состояніи была вытѣснить послѣднюю изъ ея соединенія съ основаніемъ.

Противъ этого грубаго представленія о дѣйствіи химическихъ силъ возсталъ въ первые годы нашего столѣтія Клодъ Луи Бертолле, одинъ изъ геніальнѣйшихъ химиковъ всѣхъ временъ. Обладая превосходными познаніями въ физикѣ и механикѣ, онъ, хотя и не освободился отъ допущенія химическихъ «силъ», но за то внесъ научное понятіе силы изъ механики въ химію, обративъ и здѣсь вниманіе на зависимость силы отъ массъ и разстояній. Это позволило ему объяснить и даже частью предсказать рядъ явленій, остававшихся темными для его современниковъ.

Вмѣсто грубаго права сильнаго въ той безусловной формѣ, въ какой установилъ его Бергманъ, Бертолле принялъ разнообразную игру силъ, дѣйствующихъ въ различныхъ направленіяхъ, результатомъ которой всегда было то, что каждому доставалось по праву. Болѣе сильное вещество получаетъ больше, болѣе слабое меньше; но ни одному не достается все, и ни одно не остается ни съ чѣмъ. Полное разложеніе, считающееся нормальнымъ случаемъ у Бергмана, наступаетъ только тогда, когда одно изъ могущихъ произойти веществъ обладаетъ свойствами, вслѣдствіе которыхъ оно вполнѣ удаляется съ поля битвы, т. е. если оно или осаждается въ нерастворимомъ состояніи, или удаляется въ летучей формѣ газа.

Таково было положеніе вещей въ самомъ началѣ нашего столѣтія. Затѣмъ въ количественныхъ законахъ, найденныхъ Рихтеромъ и Дальтономъ, и провѣренныхъ съ неподражаемыми добросовѣстностью и терпѣніемъ Берцеліусомъ, открылось столь обширное поле изслѣдованій, что на него направились всѣ научныя силы въ химіи. И когда важнѣйшее здѣсь было сдѣлано, Либихъ раскрылъ сокровищницу органической химіи, которой почти исключительно заняты химики и въ наши дни. Тѣмъ временемъ область ученія о сродствѣ оставалась запущенною; лишь изрѣдка какой-нибудь изслѣдователь случайно забредалъ въ нее, — но не съ серьезными задачами, а только съ цѣлью сорвать растущій у дороги цвѣтокъ, причемъ, конечно, случалось вмѣстѣ захватывать и кое-какую сорную траву.

Такъ прошло болѣе шести десятилѣтій, и въ знаніи природы и законовъ химическаго сродства не сдѣлано было сколько нибудь значительнаго успѣха. Рѣшительный шагъ впередъ совершился лишь въ 1867 г., когда двое норвежскихъ ученыхъ, Гульдбергъ и Воге (Waage), облекли идеи Бертолле въ точную математическую форму, провѣрили на отдѣльныхъ опытахъ полученныя уравненія и доказали ихъ вѣрность. Въ то время, какъ такимъ образомъ идеи Бертолле, француза, нашли достойный пріемъ и оцѣнку со стороны натуралистовъ сѣвера, ученіе о сродствѣ, основанное какъ разъ сто лѣтъ тому назадъ шведомъ Бергманомъ, было вновь принято французомъ Бертело. Подобно тому, какъ въ извѣстной легендѣ давно павшіе воины вновь пробуждаются къ жизни среди ночной тиши, чтобы продолжать нерѣшенную битву, такъ обѣ названныя теоріи на нашихъ глазахъ опять вступаютъ въ борьбу другъ съ другомъ послѣ долгаго состоянія оцѣпенѣнія. Правда, оружія ихъ уже не тѣ: теорія Бертолле облеклась въ панцырь математическихъ формулъ, тогда когда теорію Бергмана приходится защищать тяжелымъ вооруженіемъ термохиміи. Но мы встрѣчаемъ опять тѣ же основные взгляды: по одному изъ нихъ въ химіи царитъ исключительно право сильнаго, опредѣляющееся развитіемъ тепла въ данномъ процессѣ; по другому — каждое химическое взаимодѣйствіе приводится подъ конецъ къ состоянію равновѣсія.

Хотя борьба еще длится, можно уже предвидѣть, на чьей сторонѣ останется побѣда. Взгляду, по которому всѣ химическіе процессы идутъ въ одну сторону и до конца, — потому-ли, что, по Бергману, соединяющіяся вещества суть «сильнѣйшія», или потому, что при соотвѣтствующей реакціи, по Бертело, выдѣляется наибольшее количество теплоты, — противорѣчитъ такъ много фактовъ, что устоять онъ не можетъ. Напротивъ, теорія, развивавшаяся на основныхъ идеяхъ Бертолле, уже теперь поразительнымъ образомъ подтверждается во множествѣ случаевъ, и въ своей нынѣшней формѣ можетъ засвидѣтельствовать лишь успѣхи и ни одного пораженія.

Надежнѣе всего однако рѣшается вопросъ съ упомянутой выше общей точки зрѣнія. Еслибы химическіе про-

цессы, какъ полагаетъ Бертело, всегда совершались въ томъ направленіи, при которомъ выдѣляется наибольшее количество теплоты, то это доказывало бы, что теплота при всѣхъ обстоятельствахъ должна быть энергіей низшей формы, чѣмъ химическая, ибо такое стремленіе къ превращенію имѣетъ мѣсто лишь отъ высшаго порядка энергіи къ низшему. Между тѣмъ мы знаемъ, что при нѣкоторыхъ условіяхъ можно прямо превратить теплоту въ химическую энергію: если нагрѣть углекислую известь приблизительно до 800°, то она разлагается на углекислый газъ и известь, и мы можемъ, регулируя надлежащимъ образомъ давленіе, по произволу или довести это разложеніе до конца, причемъ пораждается химическая энергія и расходуется теплота, или посредствомъ безгранично малаго повышенія давленія заставить обѣ составныя части опять соединиться, причемъ происходитъ теплота и расходуется химическая энергія. Эти явленія именно доказываютъ, что обѣ формы энергіи—одного и того же порядка. Химическая энергія должна также обладать свойствомъ, которое мы выше по отношенію къ теплотѣ образно назвали «курсовой цѣною». Если курсовая цѣна теплоты, могущей развиться въ какомъ нибудь химическомъ процессѣ при опредѣленныхъ условіяхъ, ниже, чѣмъ соотвѣтственной химической энергіи, то послѣдняя будетъ превращаться въ первую; въ противномъ случаѣ теплота переходитъ въ химическую энергію. Но курсовая цѣна послѣдней не всегда одинакова, а въ большой мѣрѣ зависитъ отъ количественнаго содержанія веществъ въ данномъ объемѣ: чѣмъ количество меньше, тѣмъ относительно ниже и курсъ. Это, въ концѣ концовъ, приводитъ къ слѣдствію, согласующемуся со взглядами, которые высказалъ Бертолле 80 лѣтъ тому назадъ: конечное состояніе большею частью таково, что всѣ возможныя со-

единенія существуютъ одновременно, и именно въ такихъ относительныхъ массахъ, которыя опредѣляются только что названными условіями. Формулируя послѣднія математически, мы приходимъ къ уравненіямъ такъ называемаго массоваго дѣйствія (Massenwirkung), которыя подтверждены опытомъ въ самыхъ широкихъ размѣрахъ. Если бы поэтому новый Гёте захотѣлъ нынѣ писать новыя «Избирательныя сродства», то онъ уже не могъ бы сдѣлать этого по-прежнему. Послѣ сильныхъ возмущеній и потрясеній должны были бы, въ смыслѣ новѣйшаго взгляда, тихо, но непреодолимо, выразиться старыя отношенія, и взаимодѣйствія должны были бы привести не къ разрушенію, а къ конечной гармоніи равновѣсія. Впрочемъ, о томъ, какъ могло бы быть достигнуто такое состояніе, могъ бы разсказать лишь лучшій поэтъ, чѣмъ я.

Но самою возможностью произнести это послѣднее общее рѣшеніе въ спорѣ, длившемся цѣлое столѣтіе, мы обязаны тому, что отказались отъ фикціи химическихъ силъ. Я не хочу утверждать, чтобы понятіе о силѣ не принесло значительной пользы въ механикѣ и физикѣ. Но имъ пользовались гораздо больше, чѣмъ это было нужно, и—что всего важнѣе—оно облеклось обманчивой внѣшностью объективной реальности, которая отнюдь ему не свойственна. Никакихъ философскихъ сомнѣній о мыслимости или немыслимости дѣйствія чрезъ пространство и т. п. не могло бы появиться, еслибы не вошло въ привычку считать реальными вещами силы, а не энергію. А что силы не реальные объекты, но лишь математическая фикція, и что реальна только энергія,—это я пытался выяснить уже раньше.

Въ химіи, въ частности, понятіе силы причинило только вредъ. Пока искали способовъ измѣрять химическія «силы», до тѣхъ поръ ученіе о сродствѣ не подвигалось впередъ.

Правда, это выраженіе еще встрѣчается у Гульдберга и Воге; но оно затѣмъ тотчасъ же исключается. Къ болѣе общему и рѣшительному взгляду на законы химическаго сродства пришли только тогда, когда предметомъ изслѣдованія стала химическая энергія съ ея превращеніями. Здѣсь мы встрѣчаемъ полный параллелизмъ въ исторіи химіи: вмѣстѣ съ познаніемъ того, что химическія вещества происходятъ лишь путемъ превращеній неуничтожаемой вѣсомой матеріи, были открыты законы, управляющіе отношеніями массъ при химическихъ соединеніяхъ; — вмѣстѣ съ познаніемъ того, что химическіе процессы обусловливаются превращеніями неуничтожаемой энергіи, были узнаны и законы химическаго сродства.

Высокочтимое собраніе! Если въ только что развитыхъ мною мысляхъ разсужденія общаго или философскаго характера неожиданно заняли такъ много мѣста, то да не будетъ это поставлено мнѣ въ вину. Одинъ изъ величайшихъ мастеровъ въ химіи характеризовалъ эту науку словами: девяносто девять процентовъ ремесла и одинъ процентъ философіи. Изъ того, что мнѣ даетъ моя наука, я лишь выбралъ самое возвышенное, чтобы изложить его передъ вами въ теченіе этого торжественнаго часа, когда я обязанъ дать отчетъ о способахъ и пріемахъ моей ученой и учебной дѣятельности. Вамъ же, учащіеся сотоварищи, съ которыми намъ предстоитъ совмѣстно преодолѣвать трудности ремесленной работы, пусть приведенныя слова служатъ напоминаніемъ, чтобы за этой работой и надеждами на ея богатую почву вы никогда не забывали той драгоцѣнной сотой доли!
